

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭56—41328

⑤ Int. Cl.³
C 21 D 11/00
9/08

識別記号
1 0 1

庁内整理番号
6535—4K
7047—4K

④ 公開 昭和56年(1981)4月18日

発明の数 2
審査請求 未請求

(全 9 頁)

⑭ 連続加熱設備の温度制御方法および装置

① 特 願 昭54—116299

② 出 願 昭54(1979)9月10日

⑦ 発 明 者 大出文昭
愛知県知多郡武豊町南長宗46の

1
① 出 願 人 川崎製鉄株式会社
神戸市葺合区北本町通1丁目1
番28号
④ 代 理 人 弁理士 鶴沼辰之 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

連続加熱設備の温度制御方法および装置

2. 特許請求の範囲

(1) 連続的に搬送される被加熱体の進行方向に沿って配設された複数段の加熱手段を有する連続加熱設備の温度制御方法において、加熱開始前に、被加熱体の厚み、搬送速度、被加熱体と各加熱手段とのギャップ、連続加熱設備出側の被加熱体の出側温度目標値から、被加熱体内面の温度上昇が考慮された演算式を用いて、各加熱手段に対する初期設定を行ない、加熱開始後は、複数段の加熱手段の中間で検出される被加熱体の中間温度に基づき、上流段の加熱手段をフィードバック制御すると共に、下流段の加熱手段をフィードフォワード制御し、又、連続加熱設備出側で検出される被加熱体の出側温度に基づき、上流段及び下流段の加熱手段をフィードバック制御し、更に、同じく連続加熱設備出側で検出される被加熱体の加熱温度幅に基づき、上流段の加熱手段をフィードバ

ック制御するようにして、加熱中に出側温度がその目標値に連続的に維持されるようにしたことを特徴とする連続加熱設備の温度制御方法。

(2) 連続的に搬送される被加熱体の進行方向に沿って配設された複数段の加熱手段を有する連続加熱設備の温度制御装置において、加熱開始前に被加熱体の厚みが設定される厚み設定器と、同じく搬送速度が設定される速度設定器と、同じく被加熱体と各加熱手段とのギャップが設定されるギャップ設定器と、同じく連続加熱設備出側の被加熱体の出側温度目標値が設定される出側温度設定器と、複数段の加熱手段の中間に配設され、被加熱体の中間温度を検出する中間温度検出器と、連続加熱設備出側に配設され、被加熱体の出側温度を幅方向に走査して検出する出側温度走査検出器と、各加熱手段に配設され、各加熱手段と被加熱体とのギャップを測定するギャップ測定器と、該ギャップ測定器及び前記ギャップ設定器の出力に基づき、各加熱手段と被加熱体とのギャップを制御するギャップ制御装置と、前記各加熱手段の加

熱状態を制御する加熱手段制御装置と、加熱開始前に、前記厚み設定器、速度設定器、ギャップ設定器、出側温度設定器の出力に基づき、被加熱体内面の温度上昇も考慮された演算式により演算を行ない、各加熱手段制御装置に初期設定値を出力し、加熱開始後は、前記中間温度検出器の出力に基づき、上流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力すると共に、下流段の加熱手段制御装置にフィードフォワード制御信号を出力し、又、前記出側温度差検出器出力の幅方向代表値に基づき、上流段及び下流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力し、更に、同じく出側温度差検出器出力の幅方向温度分布から求められる被加熱体の加熱温度幅に基づき、上流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力して、加熱中に、出側温度がその目標値に連続的に維持されるように前記初期設定値を修正する加熱制御装置と、を備えたことを特徴とする連続加熱設備の温度制御装置。

3. 発明の詳細な説明

(3)

により、鋼管溶接後のシーム部を局部的且つ連続的に加熱するようにしている。このような従来の連続焼鈍設備においては、複数個配置した誘導加熱コイルに印加する電圧を、鋼管板厚、造管速度、鋼管と誘導加熱コイルの間のギャップ等から経験に基づいて、加熱開始前に初期設定し、次いで加熱開始後は、焼鈍温度の変化に対して、複数個配置されている誘導加熱コイルを任意に選択して電圧設定を手動により変更したり、或いは、最終段の誘導加熱コイルに印加する電圧を、連続焼鈍設備出側の被加熱体の出側温度によりフィードバック制御したりしていた。

しかしこのような従来の方式では、電線鋼管の表面温度については制御可能であるが、一般に、前記のような連続焼鈍設備においては、電線鋼管を管外表面から加熱するようにしているため、電線鋼管の板厚方向の温度が不明であり、該板厚方向温度に対する制御がなされておらず、製品となつた後の電線鋼管断面写真等、オフラインの目視により設定状態の可否を確認するしかなかった。

(5)

特開昭56-41328(2)

本発明は、連続加熱設備の温度制御方法および装置に係り、特に、電線鋼管製造工程における溶接後のシーム部の連続焼鈍設備に用いるに好適な、連続的に搬送される被加熱体の進行方向に沿って配設された複数段の加熱手段を有する連続加熱設備の温度制御方法および装置に関する。

一般に、電線鋼管製造において、溶接後のシーム部の焼鈍は、品質上重要なものとなつている。特に最近、電線鋼管の高級化に伴ない、要求される焼鈍の品質レベルが高くなつてきているだけでなく、電線鋼管製造におけるスピードアップ、大容量化、大形化が進行しており、加熱手段をシーム管進行方向に複数個タンデム配置し、且つ、造管スピードも上げるようになってきており、連続焼鈍設備の温度制御が極めて複雑且つ困難化してきている。

従来の電線鋼管の連続焼鈍設備は、例えば、加熱手段として誘導加熱コイルを用い、該誘導加熱コイルを複数個電線鋼管の進行方向に設置し、誘導加熱コイルに焼鈍温度に応じた電流を流すこと

(4)

特に、誘導加熱コイルの数が増え、3段、4段あるいはそれ以上になると、これらの設定及び設定変更は複雑さを増し、適切に設定する方法が存在しなかった。

一方、一般に、鋼管内面への均熱性をはかるためには、誘導加熱が外面を主に加熱するものであるから、外面加熱後十分な時間経過を持たせることにより内面へのソーキング効果により加熱する。この方法として従来は、造管速度を遅くする方法がとられていたが、この方法では処理能力、即ち、生産性を落とすという問題点を有した。

本発明は、前記従来の欠点を解消するべく、なされたもので、被加熱体内面の温度上昇も考慮した、好適な加熱状態が、搬送速度を低下させることなく得られる連続加熱設備の温度制御方法および装置を提供することを目的とする。

本発明は、連続的に搬送される被加熱体の進行方向に沿って配設された複数段の加熱手段を有する連続加熱設備の温度制御方法において、加熱開始前に、被加熱体の厚み、搬送速度、被加熱体と

(6)

各加熱手段とのギャップ、連続加熱設備出側の被加熱体の出側温度目標値から、被加熱体内面の温度上昇が考慮された演算式を用いて、各加熱手段に対する初期設定を行ない、加熱開始後は、複数段の加熱手段の中間で検出される被加熱体の中間温度に基づき、上流段の加熱手段をフィードバック制御すると共に、下流段の加熱手段をフィードフォワード制御し、又、連続加熱設備出側で検出される被加熱体の出側温度に基づき、上流段及び下流段の加熱手段をフィードバック制御し、更に、同じく連続加熱設備出側で検出される被加熱体の加熱温度幅に基づき、上流段の加熱手段をフィードバック制御するようにして、加熱中に目標温度がその目標値に連続的に維持されるようにして、前記目的を達成したものである。

又本発明は、同じく連続加熱設備の温度制御装置において、加熱開始前に被加熱体の厚みが設定される厚み設定器と、同じく搬送速度が設定される速度設定器と、同じく被加熱体と各加熱手段とのギャップが設定されるギャップ設定器と、同じ

(7)

く検出器出力の幅方向代表値に基づき、上流段及び下流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力し、更に、同じく出側温度走査検出器出力の幅方向温度分布から求められる被加熱体の加熱温度幅に基づき、上流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力して、加熱中に目標温度がその目標値に連続的に維持されるように前記初期設定値を修正する加熱制御装置と、を備えることにより、同じく前記目的を達成したものである。

以下本発明の原理を説明する。発明者は、前述したような従来の連続焼鈍設備における初期設定及び制御の困難さを考慮し、各誘導加熱コイルにおける印加電圧と温度上昇量、及び各誘導加熱コイル間での冷却による温度下降量を実験及び計算により求めて所定の演算式を作成し、連続焼鈍設備出側における電極鋼管の板厚方向の温度が目標値に維持できるよう各誘導加熱コイル毎に印加電圧を設定する制御モデルを求めた。今、温度 α を得るのに必要な電力量を P (W)で表わすと、最終段

(8)

特開昭56-41328(3)

く連続加熱設備出側の被加熱体の出側温度目標値が設定される出側温度設定器と、複数段の加熱手段の中間に配設され、被加熱体の中間温度を検出する中間温度検出器と、連続加熱設備出側に配設され、被加熱体の出側温度を幅方向に走査して検出する出側温度走査検出器と、各加熱手段に配設され、各加熱手段と被加熱体とのギャップを測定するギャップ測定器と、該ギャップ測定器及び前記ギャップ設定器の出力に基づき、各加熱手段と被加熱体とのギャップを制御するギャップ制御装置と、前記各加熱手段の加熱状態を制御する加熱手段制御装置と、加熱開始前に、前記厚み設定器、速度設定器、ギャップ設定器、出側温度設定器の出力に基づき、被加熱体内面の温度上昇も考慮された演算式により演算を行ない、各加熱手段制御装置に初期設定値を出力し、加熱開始後は、前記中間温度検出器の出力に基づき、上流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力すると共に、下流段の加熱手段制御装置にフィードフォワード制御信号を出力し、又、前記出側温度走

(8)

の誘導加熱コイル n を加熱するための電流に必要とされる電力必要量 P_n は次式で表わされる。

$$P_n = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \alpha \cdot l \cdot v \left\{ P(T_{ns}) - P\{T(n-1)\phi_r - \frac{l_{n(n-1)}}{v} \cdot \delta_{n(n-1)}\} \right\} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 n は誘導加熱コイルの段数、 ε は効率、 α は加熱係、 l は板厚、 v は送管速度 (m/分)、 T_{ns} は出側温度目標値、 $T(n-1)\phi_r$ は、一般上流側の前段誘導加熱コイル ($n-1$) の出側温度推定値、 $l_{n(n-1)}$ は、最終段の誘導加熱コイル n と前段誘導加熱コイル ($n-1$) との間隔、 $\delta_{n(n-1)}$ は、同じく最終段の誘導加熱コイル n と前後誘導加熱コイル ($n-1$) 間の温度冷却速度である。前記のうち、板厚 l 、送管速度 v 、出側温度目標値 T_{ns} は予め設定される設定値である。又、前記前段誘導加熱コイル ($n-1$) の出側温度推定値 $T(n-1)\phi_r$ は次式で表わせる。

$$T(n-1)\phi_r = \frac{T_{ns} + T(n-2)\phi_r}{2} \quad \dots\dots (2)$$

49

この図式のうちの右辺の分子の第2番目の項 $T(n-2)$ は、次式で表わされる。

$$T(n-2) = T_n \times R \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 R は、 $\frac{1}{2} < R < 1$ の定数である。

又加熱幅 a は、出側温度目標値 T_{ns} と鋼管の板厚 t によつて決まり、一般的には次式の関係で表わされる。

$$a = f(T_{ns}, t) \quad \dots\dots (4)$$

この加熱幅 a の項は、内面に対し均熱性向上を考慮したもので、内面への加熱状態を満足するようにした場合、実験により、例えば次式で示される関係が必要最低限の量であることを見出している。

$$s = a \cdot t^2 \quad \dots\dots (5)$$

ここで s は加熱断面積である。この関係から、加熱幅を a 以上にすることにより、断面方向の均熱状態を維持することができる。

又、前記効率 E は、出側人が既に特願昭53-

03

$$P_{n-1} = \frac{1}{E} \cdot \Delta v [P \cdot T(n-1) \varphi \varphi$$

$$- P \{ T(n-2) \varphi \varphi - \frac{\Delta(n-1)(n-2)}{s} \times \Delta(n-1)(n-2) \}] \quad \dots\dots (6)$$

従つてこの電力必要量 P_{n-1} から、最終段誘導加熱コイルより1段上流側の前段誘導加熱コイル ($n-1$) に印加すべき電圧 V_{n-1} は、次式により求められる。

$$V_{n-1} = Z_{n-1} \sqrt{P_{n-1}} \quad \dots\dots (9)$$

ここで、 Z_{n-1} は、最終段誘導加熱コイルより1段上流側の前段誘導加熱コイルのインピーダンス成分である。

このようにして下流側の誘導加熱コイルから順次上流側の誘導加熱コイルの電力必要量を決定し、各誘導加熱コイルの初期設定を行なうことができる。

又、前記のようにして初期設定が行なわれた後

03

特開昭56-41328(4)

105817号で開示した如く、ギャップ設定値 G ($5 < G < 25$ mm) によつて決まり、次式により表わされる。

$$E = E_x (1 - E_g \frac{G-10}{10}) \quad \dots\dots (8)$$

ここで、 E_x ($= g(1)$) は、板厚により変わる効率、 E_g は、ギャップ効率係数で $0 < E_g < 0.5$ である。

上記の(2)~(8)式の関係を用いることにより、(1)式から最終段誘導加熱コイル n の加熱電源の電力必要量 P_n が算出でき、従つて、最終段誘導加熱コイル n の印加電圧 V_n は、次式により決定することができる。

$$V_n = Z_n \sqrt{P_n} \quad \dots\dots (7)$$

ここで、 Z_n は最終段誘導加熱コイル n のインピーダンス成分である。

同様にして、最終段誘導加熱コイル n より1段上流側の前段誘導加熱コイル ($n-1$) の加熱電源の電力必要量 P_{n-1} は次式により示される。

03

の、加熱開始後の制御については、複数段の誘導加熱コイルの中間で鋼管の中間温度を検出し、この中間温度に添いて、上流段の誘導加熱コイルをフィードバック制御すると共に、下流段の誘導加熱コイルをフィードフォワード制御し、又、連続加熱設備出側で鋼管の出側温度を検出し、これにより、上流段及び下流段の誘導加熱コイルをフィードバック制御し、更に、同じく連続加熱設備出側で検出した鋼管の加熱温度幅に基づき、上流段の誘導加熱コイルをフィードバック制御すれば良いことを見出した。

以下図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。本実施例は、本発明を、連続的に搬送される被加熱体である電鍍鋼管10の溶接部上に、進行方向に沿つてタンデム配置された4段の誘導加熱コイル11、12、13、14を有する電鍍鋼管の連続焼鈍設備に適用したもので、第1図に示す如く、加熱開始前に電鍍鋼管10の板厚 t が設定される板厚設定器16と、同じく造管速度 v が設定される速度設定器18と、同じく電鍍鋼管

04

10の表面と各誘導加熱コイル11、12、13、14とのギャップ設定値 G_{s1} 、 G_{s2} 、 G_{s3} 、 G_{s4} が設定されるギャップ設定器21、22、23、24と、同じく連続焼鈍設備出側の電鍍鋼管10の出側温度目標値 T_{ns} が設定される出側温度設定器26と、第2段誘導加熱コイル12と第3段誘導加熱コイル13の中間に配設され、電鍍鋼管10の中間温度を検出する中間温度検出器28と、連続焼鈍設備出側に配設され、電鍍鋼管10の出側温度を幅方向に走査して検出する出側温度走査検出器30と、各誘導加熱コイル11、12、13、14に配設され、各誘導加熱コイル11、12、13、14と電鍍鋼管10表面間のギャップ測定値 G_{M1} 、 G_{M2} 、 G_{M3} 、 G_{M4} を測定するギャップ測定器31、32、33、34と、電鍍鋼管10の造管速度を検出する速度検出器36と、連続焼鈍設備の入側に電鍍鋼管10が到達したことを検知する鋼管位置検出器38と、前記ギャップ測定器31、32、33、34及び前記ギャップ設定器21、22、23、24の出力に基づき、各誘導加熱コイル11、12、13、14に印加電圧の設定値 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 を出力し、加熱開始後は、前記中間温度検出器28の出力に基づき、上流段の第1段及び第2段誘導加熱コイル11、12の加熱コイル電源41、42にフィードバック制御信号を出力すると共に、下流段の第3段及び第4段誘導加熱コイル13、14の加熱コイル電源43、44にフィードフォワード制御信号を出力し、又、前記出側温度走査検出器30の出力の幅方向代表値に基づき、第1段乃至第4段の誘導加熱コイルの加熱コイル電源41、42、43、44にフィードバック制御信号を出

09

09

力し、更に、同じく前記出側温度走査検出器30出力の幅方向温度分布から求められる電鍍鋼管10の加熱温度幅 Δ に基づき、上流段の第1段及び第2段誘導加熱コイル11、12の加熱コイル電源41、42にフィードバック制御信号を出力して、加熱中に Δ がその目標値に連続的に維持されるようにする加熱制御装置46とを備えたものである。

前記出側温度走査検出器30は、例えば狭視野を持つ温度計を、パスライン直角方向にふらせるか、或いは回転ミラーを用いてふらせるように構成されている。この具体的な構成は、例えば出願人が既に提案した特願昭52-34179号に開示されている。

前記ギャップ制御装置40は、例えば出願人が既に提案している特願昭53-105817号に開示している方法により、ギャップ測定器31、32、33、34からのギャップ測定値 G_{M1} 、 G_{M2} 、 G_{M3} 、 G_{M4} と、前記ギャップ設定器21、22、23、24出力のギャップ設定値 G_{s1} 、 G_{s2} 、 G_{s3} 、

13、14と電鍍鋼管10表面とのギャップを制御するギャップ制御装置40と、前記各誘導加熱コイル11、12、13、14に供給される電力量を制御する加熱コイル電源41、42、43、44と、加熱開始前に、前記板厚設定器16、速度設定器18、ギャップ設定器21、22、23、24、出側温度設定器26の出力に基づき、電鍍鋼管10内面の温度上昇も考慮された前出演算式(1)乃至(4)に従って演算を行ない、各誘導加熱コイル11、12、13、14に、誘導加熱コイル印加電圧の設定値 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 を出力し、加熱開始後は、前記中間温度検出器28の出力に基づき、上流段の第1段及び第2段誘導加熱コイル11、12の加熱コイル電源41、42にフィードバック制御信号を出力すると共に、下流段の第3段及び第4段誘導加熱コイル13、14の加熱コイル電源43、44にフィードフォワード制御信号を出力し、又、前記出側温度走査検出器30の出力の幅方向代表値に基づき、第1段乃至第4段の誘導加熱コイルの加熱コイル電源41、42、43、44にフィードバック制御信号を出

G_{s4} を取り込み、各誘導加熱コイル11、12、13、14毎に、ギャップを一定に保つように、誘導加熱コイル11、12、13、14を上下方向に駆動している。

前記加熱制御装置48は、第2図に示す如く、前記各誘導加熱コイル11、12、13、14の加熱コイル電源41、42、43、44に、それぞれ連した印加電圧設定値 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 を算出して出力する印加電圧演算器51、52、53、54と、前記出側温度走査検出器30の出力に基づき、例えば、該出側温度走査検出器30の出力の幅方向最高値を幅方向代表値とし、出側温度測定値 T_{ns} として出力すると共に、同じく前記出側温度走査検出器30出力の幅方向温度分布から電鍍鋼管10の表面に於る所定の温度レベル以上の温度幅を求め、加熱幅 Δ として、前記第1段及び第2段印加電圧演算器51、52に出力する出側温度演算器56と、該出側温度演算器56出力の出側温度測定値 T_{ns} を、電鍍鋼管10の進行方向に沿って平均化して前記第3段及び第4段

07

07

印加電圧演算器53、54に出力する平均値演算器58と、前記中間温度検出器28出力の中間温度測定値 T_{hm} を信号処理して、前記第3段及び第4段印加電圧演算器53、54にフィードバック信号として出力すると共に、後述平均値演算器62に出力する中間温度演算器60と、該中間温度演算器60出力を平均値処理し、フィードバック信号として前記第1段及び第2段印加電圧演算器51、52に出力する平均値演算器62とから構成されている。なお前記各印加電圧演算器51、52、53、54には、前記速度検出器36で検出される造管速度の測定値が入力され、各誘導加熱コイル11、12、13、14の位置に電線鋼管10の温度検出された部分が到達した時点で、各加熱コイル電源41、42、43、44に対応する印加電圧設定値 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 を出力するようにされている。

以下作用を説明する。電線鋼管10は、第1図に矢印Aで示す如く、図面の右から左へと進行している。連続焼鈍開始前、即ち、電線鋼管10の

09

みみフィードバック信号とする。第1段及び第2段印加電圧演算器51、52では、予じめ設定されたフィードバック係数に基づき、初期状態からのPID制御を行なう。

第3段及び第4段印加電圧演算器53、54は、第1段及び第2段誘導加熱コイル11、12で加熱された電線鋼管10の温度が中間温度検出器28で検出され、該部分が更に第3段誘導加熱コイル13或いは第4段誘導加熱コイル14に到達した時点で初期状態から制御状態に移り制御を開始する。即ち、第3段及び第4段印加電圧演算器53、54は、中間温度検出器28が、第1段或いは第2段誘導加熱コイル11、12で加熱された電線鋼管10の位置を測定し始めた時から中間温度演算器60の出力を取り込んでおり、該中間温度測定位置が各誘導加熱コイル13或いは14の下に到達した時点で、該中間温度演算器60出力に基づいてフィードバック制御を開始する。即ち、中間温度演算器60出力の中間温度測定値が、予じめ初期状態を設定する時に用いた前記(1)

(2)

先端が連続焼鈍設備の入側に到達したことが钢管位置検出器38により検知される迄は、各誘導加熱コイル11、12、13、14の各加熱コイル電源41、42、43、44には、加熱制御装置46で算出された、前記演算式(1)~(4)に基づく印加電圧設定値 V_1 ~ V_4 が初期値として設定されている。連続焼鈍が開始され、電線鋼管10の先端が钢管位置検出器38により検出されると、各誘導加熱コイル11、12、13、14は、電線鋼管10の先端が各誘導加熱コイル11、12、13、14の下を通過するのに従い、先端の米巻接部を除いて、第1段誘導加熱コイル11から順次加熱位置迄下降される。加熱制御装置46の第1段印加電圧演算器51及び第2段印加電圧演算器52は、第1段誘導加熱コイル11及び第2段誘導加熱コイル12が下降した後、加熱した位置が中間温度検出器28を通過する迄の時間だけ遅れたタイミングで、速度検出器36の出力信号と同期して中間温度検出器28の出力の中間温度値 T_{hm} を平均値演算器62で平均化した信号を取り

04

式の各温度と異なる場合には、該測定温度を(1)式の予側温度と入れ替え、算出した結果を(4)式により電圧値に換算し、第3段及び第4段加熱コイル電源43、44に出力するフィードバック制御を行なう。

更に連続焼鈍が進行し、出側温度検出器30の位置に、第1段乃至第4段誘導加熱コイルの全てにより加熱された電線鋼管10の部分が到達すると、各印加電圧演算器51乃至54が全て出側温度演算器56或いは平均値演算器58の出力を取り込み始める。即ち、平均値演算器58出力の平均化された出側温度測定値 T_{hm} は、フィードバック信号として第3段及び第4段印加電圧演算器53、54に出力され、予じめ設定されたPIDの制御係数に従って、第3段及び第4段印加電圧演算器53、54がフィードバック制御を開始する。

一方、出側温度演算器56出力の温度値 θ は、第1段及び第2段印加電圧演算器51、52に出力され、ここで予じめ設定されている温度幅と比

04

取され、温度幅が不足している場合には、第1段及び第2段加熱コイル電流41、42に対する印加電圧設定値 V_1 、 V_2 が上昇される。これにより、所要温度幅 α が得られるように、時間的に早い時期に電線細管10に対する加熱量を大きくすることができ、造管速度を落とすことなく、電線細管10の内面迄十分加熱することが可能である。

又、出側温度演算器58出力の温度幅 α が、予め設定されている温度幅より過剰である場合には、第1段及び第2段印加電圧演算器51、52出力の印加電圧設定値 V_1 、 V_2 が下げられ、第1段及び第2段加熱コイル電流41、42の消費電力が下げられて、省エネルギーが計られる。

このようにして、フィードバック及びフィードフォワード制御を組み合わせることにより、連続加熱設備出側の電線細管10の加熱温度を一定にすることができ、且つ、造管速度を落とすことなく板厚方向内面への加熱も十分行なうことができ、溶接部の加熱が高品位に維持でき、且つ、過大な電力を加えないことによる省エネルギー効果も発

揮される。

本実施例においては、連続加熱設備の出側に単一の出側温度走査検出器を配設し、その出力を演算処理することにより、この幅方向代表値と加熱幅を共に出力するようにしていたので、構成が比較的単純である。なお、通常の出側温度検出器と、これと独立した加熱幅検出器を並設することも可能である。

又、本実施例においては、速度検出器36及び細管位置検出器38を設け、これらにより電線細管10の位置と加熱制御装置46の各印加電圧演算器51、52、53、54の出力、或いは誘導加熱コイル11、12、13、14の下降位置との同期を取るようにしていたので、電線細管10の各位置に対する同期制御が確実に行なわれる。なお、これらの速度検出器36或いは細管位置検出器38を省略し、速度設定器18の出力等で代用することも可能である。

前記実施例においては、出側温度走査検出器出力の幅方向代表値として、該出側温度走査検出器

出力の最高値を出力するようにしていたが、幅方向代表値を出力する方法はこれに限定されず、例えば出側温度走査検出器の走査位置が電線細管10の上面と正対向する所定位置の出力としたり、或いは、幅方向測定値の平均値とすることも可能である。

又、前記実施例は、本発明を、加熱手段として誘導加熱コイルが使用された電線細管の連続加熱設備に適用したものであるが、本発明の適用範囲はこれに限定されず、他の加熱手段を有する一般の連続加熱設備にも同様に適用できることは明らかである。

以上説明した通り、本発明は、連続的に搬送される被加熱体の進行方向に沿って配設された複数段の加熱手段を有する連続加熱設備の温度制御方法において、加熱開始前に、被加熱体の厚み、搬送速度、被加熱体と各加熱手段とのギャップ、連続加熱設備出側の被加熱体の出側温度目標値から、被加熱体内面の温度上昇が考慮された演算式を用いて、各加熱手段に対する初期設定を行ない、加

熱開始後は、複数段の加熱手段の間で検出される被加熱体の中間温度に基づき、上流段の加熱手段をフィードバック制御すると共に、下流段の加熱手段をフィードフォワード制御し、又、連続加熱設備出側で検出される被加熱体の出側温度に基づき、上流段及び下流段の加熱手段をフィードバック制御し、更に、同じく連続加熱設備出側で検出される被加熱体の加熱温度幅に基づき、上流段の加熱手段をフィードバック制御するようにして、加熱中に検出温度がその目標値に連続的に維持されるようにしたので、被加熱体内面の温度上昇も考慮した、好適な加熱状態が、搬送速度を低下させることなく得られるという優れた効果を有する。

又、同じく連続加熱設備の温度制御装置において、加熱開始前に被加熱体の厚みが設定される厚み設定器と、同じく搬送速度が設定される速度設定器と、同じく被加熱体と各加熱手段とのギャップが設定されるギャップ設定器と、同じく、連続加熱設備出側の被加熱体の出側温度目標値が設定される出側温度設定器と、複数段の加熱手段の中

間に配設され、被加熱体の中間温度を検出する中間温度検出器と、連続加熱設備出側に配設され、被加熱体の出側温度を幅方向に走査して検出する出側温度走査検出器と、各加熱手段に配設され、各加熱手段と被加熱体とのギャップを測定するギャップ測定器と、該ギャップ測定器及び前記ギャップ設定器の出力に基づき、各加熱手段と被加熱体とのギャップを制御するギャップ制御装置と、前記各加熱手段の加熱状態を制御する加熱手段制御装置と、加熱開始前に、前記厚み設定器、速度設定器、ギャップ設定器、出側温度設定器の出力に基づき、被加熱体内面の温度上昇も考慮された演算式により演算を行ない、各加熱手段制御装置に初期設定値を出力し、加熱開始後は、前記中間温度検出器の出力に基づき、上流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力すると共に、下流段の加熱手段制御装置にフィードフォワード制御信号を出力し、又、前記出側温度走査検出器出力の幅方向代表値に基づき、上流段及び下流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信

(21)

号を出力し、更に、同じく出側温度走査検出器出力の幅方向温度分布から求められる被加熱体の加熱温度幅に基づき、上流段の加熱手段制御装置にフィードバック制御信号を出力して、加熱中に出側温度がその目標値に連続的に維持されるように前記初期設定値を修正する加熱制御装置と、を備えたので、前記温度制御方法が簡単な装置で確実に実施されるという優れた効果を有する。

発明者が、前記実施例に示されるような温度制御装置により、中間温度目標値を680℃、出側温度目標値を850℃として連続運転を行なったところ、第3図に示すような実験結果が得られた。図において、実験Bが中間温度実測値、実験Cが出側温度実測値、実験Dが第3段印加電圧演算器の制御出力、実験Eが第4段印加電圧演算器の制御出力である。図から明らかなように、第2段誘導加熱コイルと第3段誘導加熱コイルの中間の中間温度においては、温度変動幅が40°程度であったのに対し、出側温度実測値の温度変動幅は、目標温度850℃に対し、両端部を除けば±10℃

(22)

以内に十分入っていることが判る。

4. 図面の簡単な説明

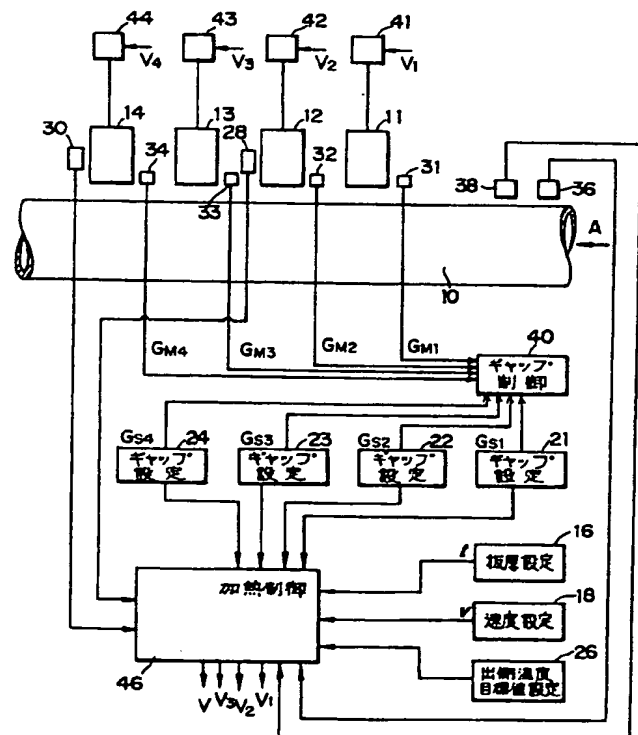
第1図は、本発明に係る連続加熱設備の温度制御装置の実施例の構成を示すブロック図、第2図は、前記実施例における加熱制御装置の具体的構成例を示すブロック図、第3図は、前記実施例を用いて得られた温度制御結果の一例を示す図である。

- 10…電線制御管、
- 11～14…誘導加熱コイル、
- 16…板厚設定器、18…速度設定器、
- 21～24…ギャップ設定器、
- 26…出側温度設定器、
- 28…中間温度検出器、
- 30…出側温度走査検出器、
- 31～34…ギャップ測定器、
- 40…ギャップ制御装置、
- 41～44…加熱コイル電源、
- 46…加熱制御装置、

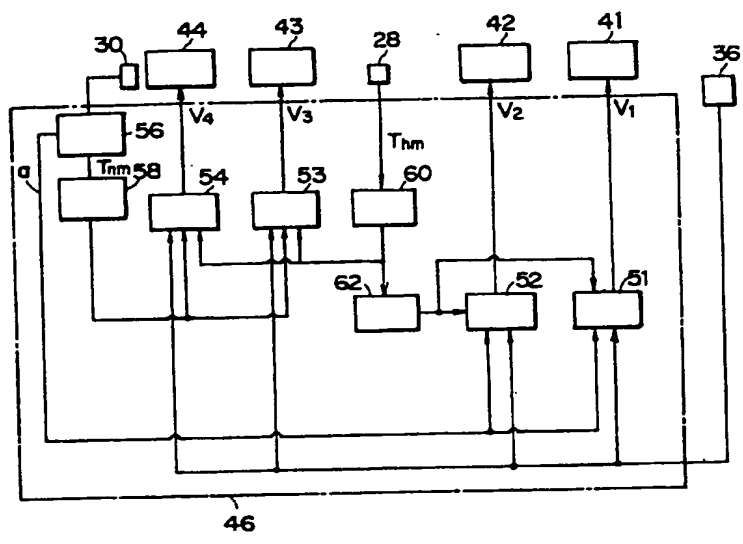
代理人 堀 裕 辰 之
(ほか2名)

(23)

第1図



第 2 圖



第 3 圖

